

# LA PIEDRA MONUMENTAL DE CASTILLA-LEON: LIMPIEZA

Por Octavio Puche Riart y M.<sup>a</sup> Teresa González Aguado  
T.U. Mineralogía y Petrología de la Escuela Técnica Superior  
de Ingenieros de Minas de Madrid.

En el artículo que sigue, sus autores analizan las principales variedades pétreas empleadas en los monumentos y construcciones de Castilla-León, así como las líneas generales de su deterioro y limpieza.

Este trabajo se enmarca dentro del marco de colaboración de investigación, emprendido por algunos catedráticos de la Universidad Española, para con el Sector de la Piedra Natural.



Fig. 1. Acueducto de Segovia, construido con sillares graníticos del Guadarrama, unidos sin argamasa

## INTRODUCCION

La «piedra natural» es un material empleado con profusión en las edificaciones y construcciones monumentales por su durabilidad, solidez y belleza.

Muchos autores denominan «piedra natural» a toda roca que puede obtenerse en bloques de cierto tamaño comercializables. Aunque no sólo se comercialice el bloque (entero o cortado), ya que buena parte de la piedra, por ejemplo, en muchos casos, los mampuestos empleados en zonas graníticas no son sino los desechos procedentes del encuadre del bloque. Cuando estas rocas son trabajadas buscando un fin estético hablamos de «rocas ornamentales». Pero si no ocurre esto y la piedra se usa, mediante simple corte, en la edificación, se denomina roca de construcción, aunque para nosotros dicho término podría englobar perfectamente a las «rocas ornamentales» en buena parte de las ocasiones.

Las «rocas ornamentales» quedan clasificadas comercialmente según tres categorías: granitos, mármoles y pizarras.

La definición de «granito ornamental» (Norma U.N.E. 22-170-85) no tiene nada que ver con la que se podría dar desde un punto de vista petrológico. En ella se considera «aquel conjunto de rocas ígneas, de mineralogía diversa, que se explotan generalmente en forma de bloques de naturaleza coherente y que se utilizan para decoración, es decir aprovechando sus cualidades estéticas una vez han sido elaborados por procedimientos tales como: aserrado, pulido, labrado, tallado, esculpido, etc.»

La definición de las calizas y mármoles ornamentales viene dada por la norma U.N.E. 22-180-85, como el conjunto de minerales carbonatados de dureza de Möhs del orden 3-4 (calcita, dolomita, etc.) siempre que puedan obtenerse mediante discos de diamante probetas enteras de 21\*5\*1, como medidas mínimas.

Asimismo, se denomina a las pizarras como al conjunto de las distintas

rocas metamórficas de grano fino con una foliación planar muy bien desarrollada, de forma que permite su exfoliación regular en láminas de superficies planas.

Las rocas denominadas de construcción son fundamentalmente calizas y areniscas, aunque entre este grupo también habría que considerar a los conglomerados, neises, cuarcitas y otras rocas no integradas en el primer grupo.

En Castilla y León, pese a tener una rica tradición en la extracción de estos materiales, construcción con piedra y labrado de la misma, existe un menor desarrollo, en dicho campo de actividad, que en otras regiones, salvo en el tema de las pizarras, con un 12% de la producción nacional (principalmente para la exportación). Más del 90% de la producción de «piedra natural» se destina a la construcción, quedando el resto para el arte funerario y otros fines.

La investigación es escasa estando generalmente potenciada por organismos oficiales. Las empresas suelen ser de ámbito familiar o cuasi familiar y las explotaciones aparecen dispersas en un marco geográfico amplio, poco poblado y con una mala red de carreteras, lo que condiciona

en parte los movimientos de mercado de estos productos.

De los trabajos de investigación citaremos entre otros:

—El Plan Nacional de Investigación Minera (PNIM) en su apartado: Investigación de rocas industriales, auspiciado por el Ministerio de Industria (1971), donde se recogen, archivan e inventarían los principales yacimientos de rocas ornamentales y de construcción de Castilla-León.

—Investigación de las calizas de Campaspero (Valladolid), por el I.G.M.E. (1981), recordando que de esta zona procede la mayor parte de la piedra monumental de Valladolid.

—Investigación de granitos de El Bostal (Zamora), dentro del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Mineras (PNAMPM), en 1981.

—Caracterización tecnológica de los granitos comerciales españoles, por el I.G.M.E., en 1982.

—Investigación geológico-minera de rocas ornamentales en la reserva del Estado Avila-Monumental, por el I.G.M.E. (1984), con el fin del estudio de la piedra porfídica denominada «Caleño», empleada habitualmente en los monumentos avulenses.

—Estudio de la piedra de Villamayor, por la Junta de Comunidades de Castilla y León, en 1985, recordando que esta roca ha sido utilizada ampliamente en los monumentos de Salamanca.

—Estudio, caracterización y evaluación minera de las rocas de construcción en Castilla y León, desarrollado por SIEMCALSA (1985-1991).

—Estudio del potencial básico de granitos y neises de Castilla y León, por el I.G.M.E. (1986), trabajo mediante el cual se han puesto en evidencia nuevas áreas de interés para la explotación de estas rocas.

—Granitos de España (1986) y Pizarras de España (1987), publicaciones básicas realizadas por el I.G.M.E., gracias a las cuales el arquitecto y demás profesionales disponen del catálogo de las distintas variedades de estas rocas, donde junto a la foto de cada tipo pétreo aparecen una serie de características técnicas de importancia en sus usos de construcción.

—Métodos de ensayo y criterios de normalización e inventario de la piedra de construcción en España. L.O.E.M.C.O-E.T.S.I. Minas, bajo los auspicios del Ministerio de Industria y Energía (1991-93), donde se ensayan e investigan diversas rocas naturales de



# IREMAR

**DIRECTOR COMERCIAL: J. M. BARRIONUEVO ORTEGA**

**COMERCIALIZACION Y FABRICACION:**

—Abrasivos  
—Herramientas

—Discos para el pulido del mármol y granito  
—Discos diamantados para mármol y granito

**Y ARTE FUNERARIO**

**REPRESENTACIONES:**

- «Daino para toda España
- Serpeggiante todo tipo de Trani
- Granitos de todo tipo

**EXCLUSIVAS:**

- AZUL MACAUBA
- CUARCITA ROSA
- FLAMENCO

**CONSULTEN SIN COMPROMISO**

Pol. Ind. «Can Barri», Nave 1 - 08410 BIGUES I RIELLS (Barcelona) - Tfnos.: 93 / 865 64 38 - Fax: 93 / 865 64 62

Castilla y León, tales como las calizas bioclásticas de Sepúlveda (Segovia), dolomías de Boñar (León) y otras. Asimismo existen algunos trabajos, estudios, tesis y artículos de ámbito más restringido que sería interesante inventariar, destacando los referentes a yacimientos, caracterización petrofísica de las rocas de construcción, alteración y conservación de la piedra monumental, cantería, arquitectura, restauración y otros.

## 2. «GRANITOS» DE CASTILLA Y LEÓN

Los yacimientos graníticos de Castilla y León aparecen en su zona Sur

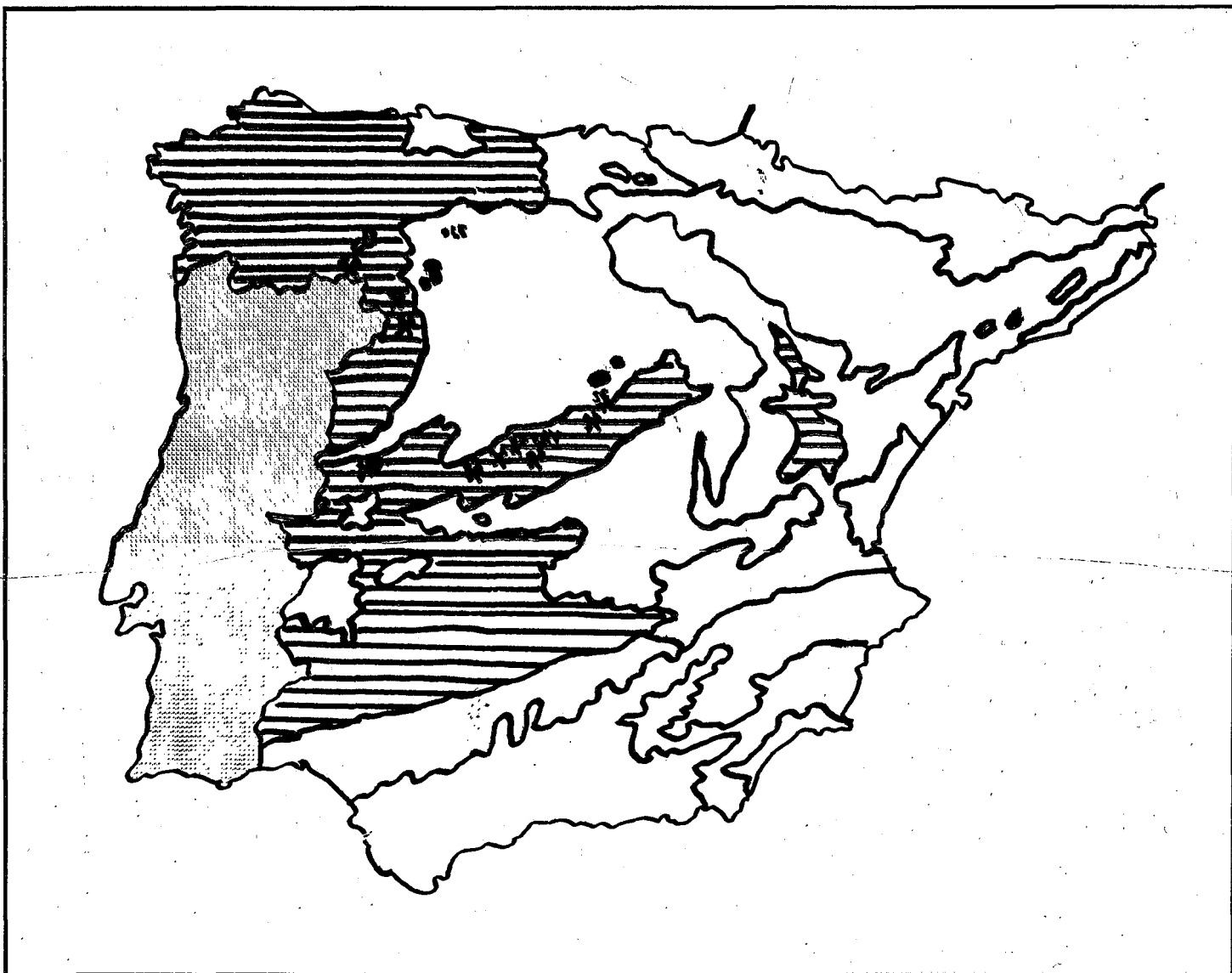
(Sistema Central) y Oeste (penillanura zamorana-salamantina).

Desde antiguo se han empleado estas rocas en construcciones (sillería, mampostería, etc.) y tallas, tal sería el caso de las construcciones megalíticas, castros célticos de la zona noroccidental, los toros de Guisando (de unos 200 años a.C.) u otras figuras ibéricas como son los verracos avulenses. Pero el auge de los trabajos de labra se produce en los siglos XII y XIII. Son tradicionales las explotaciones de Cardeñosa (donde existe una cooperativa artesanal de canteros), Hoyo de Pinares y otros, donde los operarios siguen una metodología

de extracción y elaboración de acuerdo a las primitivas pautas que les transmitieron sus antepasados.

Esta labor artesanal está bastante extendida a lo largo de los pueblos graniteros del Sistema Central. El problema de tal situación son los altos costos para el consumidor y los bajos beneficios para el productor. Sin embargo hay una cierta demanda justificada en la construcción de segundas viviendas en zonas serranas, así como en los pequeños trabajos de conservación de un extenso patrimonio monumental, entre otros.

Hoy en día está variando la demanda, dirigiéndose los mayores consumos



Mapa 1: Situación general de la localización de los distintos tipos de piedra granítica

hacia losas y plaquetas pulidas (para revestimientos de fachadas o en solados). Se impone una reconversión en cuanto a la metodología de trabajo, automatizando los procesos, para operar con costes reducidos y satisfacer las necesidades de la demanda. La belleza y precio de ciertas variedades, con volumen suficiente de reservas, permite esta adaptación.

Uno de los problemas principales es el carácter familiar minifundista de ciertas explotaciones, lo que impide el desarrollo de inversiones en investigación o la adquisición de maquinaria para la extracción y la elaboración. Las cantidades sacadas al mercado son escasas y su suministro no puede garantizarse, situación que los arquitectos deben considerar.

Desde el punto de vista geológico tenemos dos tipos de granito: granitos alcalinos (ligados al metamorfismo regional) y granitos calcoalcalinos (formando intrusiones profundas, sin relación aparente con el metamorfismo regional).

Dentro del primer tipo hay desde granitos migmatíticos hasta granitos homogéneos. Los granitos de dos micas de este grupo son generalmente parautoctonos y se muestran en relación con complejos filonianos. Pero también hay granitos de dos micas intrusivos, con megacristales y complejos filonianos restringidos.

Los granitos alcalinos pueden ser antehercínicos, sinhercínicos y posthercínicos no tardíos, según se deduce por criterios geológicos y de datación isotópica.

Dentro del segundo tipo, generalmente tenemos granodioritas sinhercínicas o posthercínicas tardías. Las granodioritas precoces son porfíricas y muestran estructuras orientadas, mientras que las tardías se presentan en macizos circunscritos.

Una de las zonas donde hay mayor variedad de granitos es la penillanura zamorana-salamantina.

En Zamora hay que destacar las explotaciones del Macizo de Sayago, donde se extraen los siguientes tipos de «granitos»: «Blanco Plata» (granito porfídico de dos micas), «Blanco

Viriato» (granodiorita biotítica), «Sayago Rex» (granodiorita biotítica de color salmón, explotada en Bermillo de Sayago desde 1991, al igual que la variedad anterior) y el «Negro Llova» (diorita temprana, de color muy oscuro y mala canterabilidad). Asimismo en la cercana localidad de Piñuel existía antiguamente una explotación, de la variedad «Rosa Piñuel» (episienita rosa).

No se pueden olvidar las explotaciones ornamentales más septentrionales, como son las de Hermisende, ya casi en Galicia, donde los canteros de esta última Comunidad explotan un granito biotítico denominado «Gris Mezquita».

En la provincia de Salamanca no existen áreas industriales de producción, aunque si hay pequeñas canteras para la producción de sillares, bordillos, mampuestos y labras. Se destacan las canteras de Villavieja de Yeltas y Zamayón.

En el Sistema Central, de Oriente a Occidente, se resaltan los granitos segovianos de Villacastán, donde se explota la variedad «Gris Villa» (granodiorita biotítica) y los granitos avuleses «Gris Avila» (granito de dos micas) y «Gris Losar», que en ningún caso constituyen grandes explotaciones.

En la zona del Bloque de la Serrota, al Oeste de Avila capital, pese a que hay grandes reservas sólo se explotan «bolos» (generalmente de granodioritas grises), de textura hipidiomorfa de grano medio o alotriomorfa de grano fino. Se destaca la presencia de innumerables pequeñas explotaciones repartidas por toda la masa granítica. Se pueden citar, por ejemplo las localidades de Cardeñosa, Benitos, Casasola, Alamedilla del Berrocal, Mingorría, Tolbaños, etc. Al Sur de Avila también hay numerosas explo-

taciones a lo largo de toda la cordillera, tal es el caso de los municipios de El Barraco, La Adrada, Sotillo de la Adrada, San Juan de la Nava, El Tiemblo, etc.

En estos casos, el sistema de arranque ha sido hasta hace poco y sigue siendo en algunos casos manual. Cuadrillas de dos a ocho operarios sacaban los bloques utilizando mazas y cuñas, actuando sobre los pelos o fisuras para el levante, aunque últimamente se están produciendo mecanizaciones de bajo costo en las labores (compresores, martillos de taladro, explosivos, etc.).

La producción artesanal estimada, repartida entre las distintas funciones de arranque, corte y labrado, se considera de 40 Tm por persona y año. El destino del material es principalmente: mampostería, sillería, bordillos, chapas, sepulturas, lápidas y otros, habiendo desaparecido la producción de adoquines. La labra se realiza al pie de la cantera, con puntero, los trabajos más finos se hacen en taller, mediante bocas de bujarda y trinche-te.

En la parte occidental de la Sierra hay que considerar las explotaciones de la zona de Piedrahita (Avila), así como en la parte salamantina las canteras artesanales de la zona de Bejar, Los Santos, etc. (granitos porfídicos de colores claros: blancos, grises y beige).

Asimismo se han utilizado, aparte de los materiales intrusivos ya mencionados, rocas filonianas, subvolcánicas y volcánicas. Este es el caso de las ofitas del Norte de Burgos, empleadas antaño para adoquines. (Según el I.T.G.E con densidad real 3, coeficiente de absorción 0,6% y coeficiente de desgaste de los ángeles (A) de 14,30). Otro ejemplo es el de los porfidos, como el «Caleño» avu-

VARIEDAD	MASA VOLUMICA	COEF. ABSORCION	R. COMPRESION
Blanco Viriato	2,62 g/cc	0,38%	921 Kg/cm <sup>2</sup>
Gris Avila	2,63 g/cc	0,31%	870 Kg/cm <sup>2</sup>
Gris Mezquita	2,63 g/cc	0,33%	545 Kg/cm <sup>2</sup>
Gris Villa	2,67 g/cc	0,23%	1.228 Kg/cm <sup>2</sup>
Sayago Rex	2,62 g/cc	0,44%	1.180 Kg/cm <sup>2</sup>

lense, que muestra aspecto de caliza arenoso-compacta o de arenisca (y así lo definen algunos autores). Esta variedad es granuda, terrosa, con fenocristales de cuarzo de gran tamaño y dureza media, lo que ha permitido su fácil corte y labra, como puede apreciarse en los pórticos de numerosas iglesias y otros monumentos de Avila.

En mapa 1 recogemos la distribución geográfica de las principales zonas con canteras.

Las características fundamentales de los granitos respecto a otras rocas son la alta resistencia mecánica, densidad media y bajos coeficientes de absorción, lo que los cualifica notablemente para las construcciones.

En tabla adjunta se dan algunos parámetros petrofísicos, de rocas de Castilla y León, recogidos del «Anuario de Piedras Naturales de España 90-91», de Roc-Máquina, manual que muestra cierto interés para el arquitecto, ya que recoge numerosas variedades de piedras españolas.

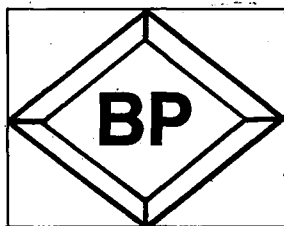
Asimismo, en este anuario se dan los valores de la resistencia a flexión, resistencia al desgaste (para solados), resistencia al impacto y módulo de heladicidad.

De su buena resistencia a la compresión, cohesión, dureza, inalterabilidad y otros parámetros, así como por la existencia de afloramientos próximos, se deduce la aparición del granito en numerosos monumentos de Castilla y León. Tal es el caso del acueducto romano de Segovia, parece ser que construido entre la última mitad del siglo I y principio del siglo II (siendo emperadores Vespasiano y Trajano), donde enormes sillares unidos sin argamasa se elevan hasta una altura máxima de 29 m (en el Azoguejo) y cuya longitud rebasa los 700 m. Otro caso es el de las murallas de Avila, con un perímetro de 2.526 m, 12 m de altura y 3 m de espesor, así como 80 torres almenadas, cuya construcción se inició en el año 1090 y donde los maestros Casandro Gline y Florín de Pituerge dirigieron las obras de cantería. Asimismo habría que considerar la catedral-fortaleza de Avila (primera catedral gótica de España), construida entre los siglos XII al XVI, destacando la actuación del maestro borgoñés Eruchel, por encargo de Alfonso VIII. En fin, se podrían resaltar multitud de construcciones de lo más variado, como puede ser el puente de Arenas de San Pedro o los Cuatro Postes de Avila,

pero se desiste hacer una lista exhaustiva para no extender excesivamente el artículo.

Respecto a la alteración de los materiales de construcción de los monumentos castellano-leoneses, la mayor parte de los investigadores considera de especial importancia los procesos de gelivación. El agua presente en los poros aumenta de volumen rompiendo la roca (estos valores son críticos para ciertos tamaños de poro y contenidos de humedad). Los ensayos de laboratorio realizados por el I.G.M.E. dan valores del módulo de heladicidad entre 0,02 y 0,07%, para algunas variedades comerciales de «granitos». También hay que tener en cuenta el número de días al año con hielo, según el M.O.P.U. se tiene que, con datos de 30 años, en Burgos esta cifra es de 16 días.

Otro problema pueden ser los ciclos calor-frío (choque térmico). Este efecto es mayor en las partes más expuestas al sol, durante el día los minerales de las rocas al calentarse se dilatan y por la noche al enfriarse se contraen, fatigándose la roca. En Valladolid por ejemplo se tienen variaciones térmicas anuales de 55°C (mínimas de -13°C y máximas de 42°C), así como importantes cambios diurnos.



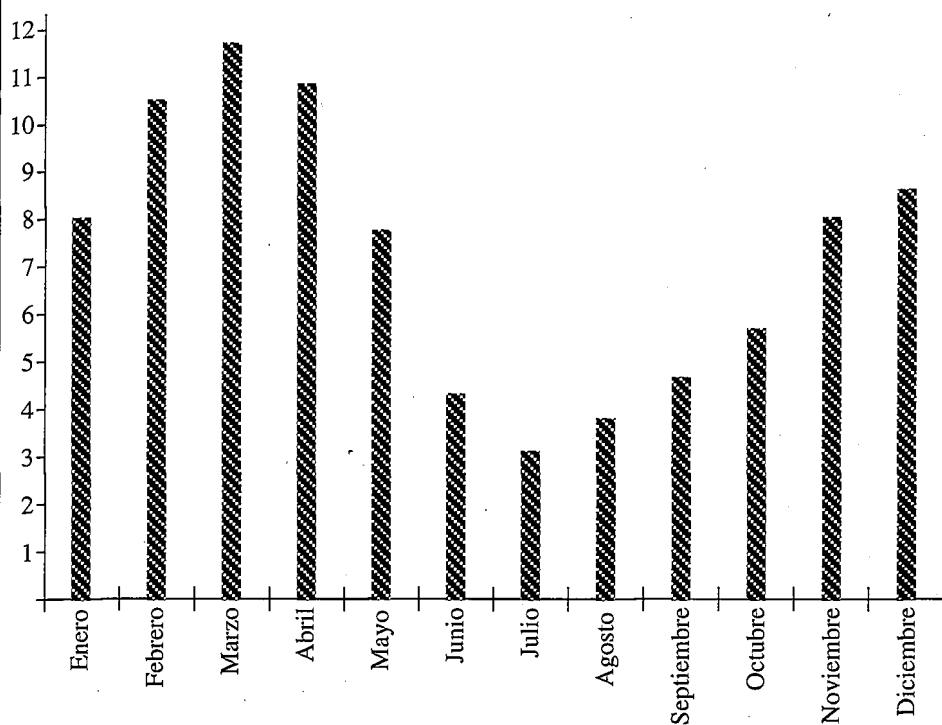
**Abrasius PIJUAN, S.A.**

**ABRASIVOS, DIAMANTE  
Y MAQUINARIA PORTATIL  
PARA LA INDUSTRIA DEL MARMOL**

San Isidro, 29  
08750 MOLINS DE REI (Barcelona)

Tel.: 93 / 668 24 69  
Fax 93 / 680 07 11

## DIAS DE LLUVIA



Las precipitaciones son escasas 400-500 mm/año en la Cuenca del Duero, pudiendo llegarse a los 800 o incluso a más de 1.000 mm. en las zonas montañosas. En el gráfico se recoge el número medio de días de lluvia en la cuenca de referencia.

De todas formas, los bajos coeficientes de absorción, antes reseñados, nos indican bajos valores de permeabilidad. Por todo lo anterior no es extraño el empleo de los granitos en cimentaciones y zócalos, más expuestos a humedades, tal y como podemos comprobar en las Plazas Mayores de Salamanca o Avila.

En los últimos tiempos el CO<sup>2</sup> procedente de calefacciones y coches, ha incrementado notablemente los efectos de alteración. Este gas interviene en los procesos de carbo-hidrólisis, liberando H<sup>+</sup>, con lo que se incrementan notablemente las reacciones de descomposición de los silicatos de las rocas graníticas.

Las vibraciones del tráfico pueden ser otro instrumento de deterioro, al incrementar la fisuración de las rocas, tal y como se puede comprobar en el acueducto de Segovia (fig.-1), donde la falta de argamasa entre las piedras no permite que se produzca la absorción de las tensiones por el material cementante, repercutiendo directamente sobre los sillares. Tam-

bién hay que tener en cuenta otros tipos de ondas, como pueden ser las generadas por el viento, ferrocarriles, etc.

### 3. CALIZAS Y MARMOLES

Las calizas y mármoles, estratigráficamente hablando, aparecen abundantemente y en terrenos y edades muy diferentes, desde al Precambriano al Plioceno, aunque la mayoría de las reservas están en el Mesozoico y en el Mioceno. Tal situación ha sido la causa fundamental del gran número de monumentos construidos con estas variedades pétreas.

Desde antiguo se detecta un amplio empleo de estas rocas, por poner algún ejemplo, tenemos ciudades celtibéricas como Numancia (Soria), las edificaciones romanas de Clunia (Burgos), monasterios medievales como Santo Domingo de Silos, o catedrales como la de León (cuyos zócalos están probablemente construidos con calizas duras de Villabal, sus

muros con dolomías de Boñar y sus bóvedas con tobas más ligeras), la de Burgos (edificada con calizas Brieviesca, Caracedo y Hontoria de la Cantera) o la de Segovia (donde predominan las rosadas calizas santonienses de Sepúlveda), el conjunto monumental de Valladolid (construido mayoritariamente con calizas miocenas blancas de Campáspero), etc.

Las principales épocas del trabajo de la piedra corresponden a las que describimos a continuación. Primero los romanos, cuya cultura en rocas ornamentales puede apreciarse en las obras de Vitrubio (Siglo I a.C.) y Plinio «El Viejo» (Siglo I). Con el románico se presenta el apogeo en el arte de la piedra, donde los canteros europeos introducidos en Castilla y León a través del Camino de Santiago traen las nociones teóricas de la talla, olvidadas tras la caída del Imperio Romano. La siguiente etapa de desarrollo corresponde al siglo XVI, donde mazoneros y arquitectos de las siete villas de la merindad de Trasmiera (Santander), así como canteros del Señorío de Vizcaya, bajan a la Meseta a desarrollar su arte. Por poner un ejemplo de lo anterior citaremos las obras en piedra del puente y de la Torre del Reloj de Toro (Zamora), el puente de Alba de Tormes (Salamanca), el fuerte de la Concepción de Aldea de Obispo (Salamanca), etc.

Pese a estos antecedentes, en el catálogo de «Mármoles de España», del I.G.M.E. (1986), no se cita ninguna variedad de Castilla-León, tal vez debido a que las mayores producciones son en roca carbonatada no pulimentada, aunque si hay algunas variedades (y hubo otras en el pasado) de «roca ornamental», con capacidad de pulimento aceptable.

Desde el punto de vista geológico, los Sistemas que hay que considerar en cuanto a la producción de «mármoles» y otras rocas carbonatadas son: Precambriano, Cambriano, Devoniano, Carbonífero, Trias, Jurásico, Cretáceo, Eoceno, Oligoceno y Mioceno.



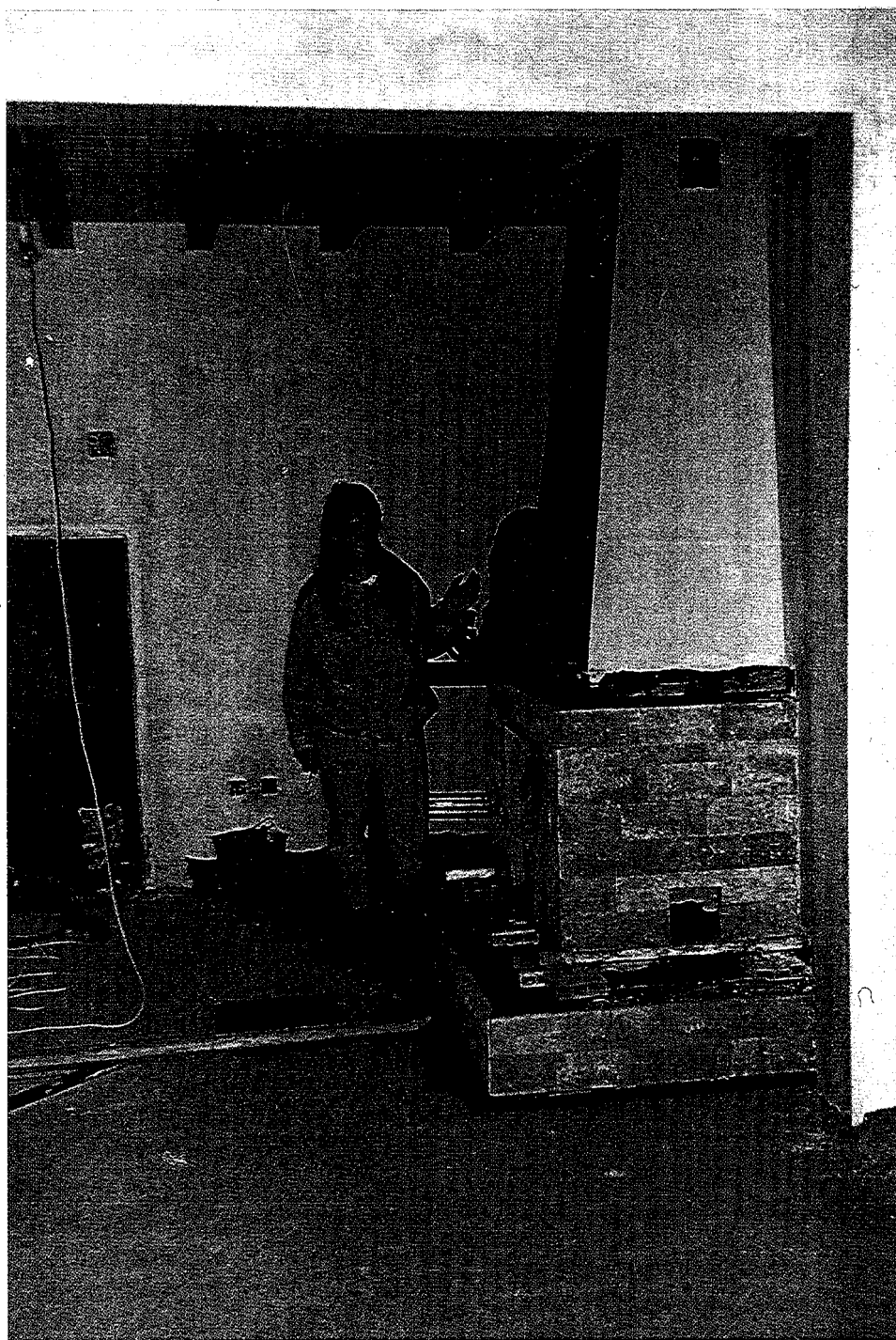


Fig. 2. Construcción de chimenea con «Piedra de Agreda» (Soria), en rústico.

En el Precambriano del Oeste de la Comunidad hay algunos niveles carbonatados, son de color oscuro y suelen estar muy tectonizados. Está claro que no pueden dar grandes explotaciones, pero si se trabajan en algunos pueblos para mampostería. En el Cambriano existen rocas carbonatadas muy parecidas a las precámbricas, en cuanto a color, propiedades y aplicaciones. Se han explotado lo-

calmente en algunas zonas como Busgondo de Harvás (León). En la zona de Endrinal (Salamanca) se citan, en el mapa de rocas industriales 1:200.000, unas calizas silíceas, de alta densidad y fractura espática, empleadas para áridos y que aparecen en algunas vallas y mampuestos de las construcciones rurales, atribuyéndolas una edad silúrica, aunque es posible que sean cámbricas. También se

citan mármoles con grandes impurezas, ¿silúricos? en Alija del Infantado (León).

Las calizas devónicas presentan afloramientos muy diseminados y escasos, son típicas al Norte de León, muestran color rojizo o grisáceo y están muy fracturadas, lo que imposibilita la extracción de bloques. Pese a que se emplearon en construcciones locales, hoy en día su utilidad en la edificación se debe a que tras molerlas se usan para la fabricación de terrazos.

En el Carbonífero los principales yacimientos se presentan en el sinclinal devónico-carbonífero de Pisuerga-Carrión. Los niveles calcáreos explotados son dos: por un lado tenemos «las Calizas Griotte», con su color rojo característico (a veces gris), que se explotan en bancos de pequeña potencia (unos 0,5 m) y que generalmente se emplean para tablas de revestimiento y mampuestos. Y por otro, a techo de las anteriores, tenemos las «Calizas de Montaña», en casos de aspecto sacaroideo, con tonos claros (blanco, blanco-azulado y cremas), aunque a veces son negras, por la presencia de materia orgánica, y al igual que en los casos anteriores están muy fracturadas, principalmente por efectos de la orogenia herciniana, por lo que no se pueden sacar bloques y se suelen emplear para terrazo, aunque hay algunas construcciones monumentales elaboradas con dichas calizas. En este tipo de rocas cabría destacar los yacimientos de Velilla del Río Carrión y Santibáñez de la Peana (Palencia), así como Besande (León).

Las calizas triásicas del Muschelkalk, se explotan en la Cordillera Cantábrica, cerca del límite con Santander, al Sur de Barrio de San Pedro, son rocas tableadas de tonos oscuros, cuya extracción viene facilitada por dicha propiedad.

En el Jurásico se presentan yacimientos en Agreda (Soria), donde se producen bordillos, losas y mampuestos negros (cuya aplicación se puede apreciar en algunos pueblos de la zona tales como Olvega). También hu-

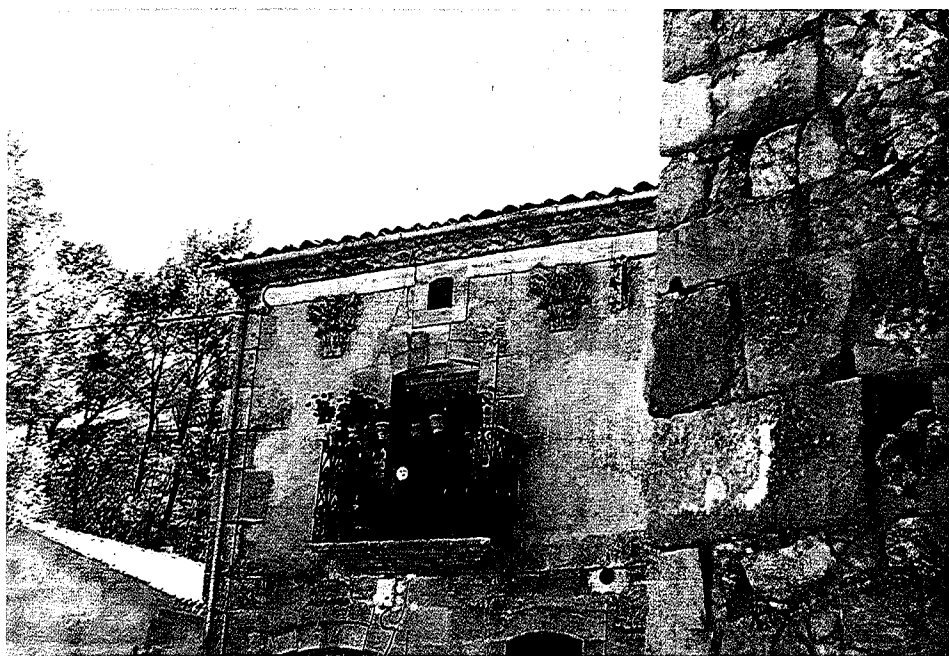


Fig. 3. Capiteles romanos, sillares y mampuestos elaborados con «Caliza del Páramo», Coruña del Conde (Burgos)

Turonense y Santiense. En el Cretáceo Inferior también se extraen calizas en Agreda (fig. 2), habiéndose utilizado anteriormente en la zona de Soncillo (Burgos). En el Turonense se han explotado calizas en Quintanavides, San Juan y en Galbarros, cerca de Briviesca (Burgos). De este mismo Piso son las calizas de Villanueva de Mena y las de Hontoria de la Cantera (con estas últimas se han construido, buena parte de los monumentos de la ciudad de Burgos y se han realizado importantes restauraciones, en el siglo XIX, tal y como puede apreciarse en la catedral de León). En el Santiense se explotaron calizas en Covanera, Polentinos y Escalada (Burgos). De este Piso es el «Rosa Sepúlveda», así como otras calizas blancas y amarillas que se extraen en esta localidad. Dicha roca se puede apreciar en los conjuntos patrimoniales de Segovia, Riaza y otros pueblos monumentales de la provincia, habiéndose incluso aplicado en

bo alguna pequeña cantera en la zona de Yanguas, municipio monumental de la provincia de Soria.

La mayor parte de las explotaciones de caliza monumental se encuentran en el Cretáceo, principalmente en



General Eraso, 2  
48014 BILBAO

## COMERCIAL RECHE, S.A.

**SUMINISTROS EN GENERAL PARA LA INDUSTRIA  
DEL MARMOL, GRANITO Y PIEDRA ARTIFICIAL.**

**UTILES DIAMANTADOS:** DISCOS DE CORTE-FRESAS DE REBAJE Y DE FORMA PARA MAQUINARIA PORTATIL, PESADA, Y OTROS.

**ABRASIVOS:** CORONAS-SEGMENTOS, SILICONA Y LIQUIDO ABRILLANTADOR, RULOS LIJAS-LAMINAS Y SEMIFLEXIBLES-PEGAMENTOS-MASILLAS.

**MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS:** MANUALES Y NEUMATICAS PARA CANTERIA.

HERRAMIENTA DE WIDIA  
ASPIRADORES DE POLVO.

**ARTE FUNERARIO:** ACERO INOX. - BRONCES - GRANITO - MARMOLINA.

**MAQUINARIA - HERRAMIENTA - ACCESORIOS**

CONSULTE SIN COMPROMISO

TFNOS: 94/476 11 96 - 447 56 11

FAX: 476 11 96



el Palacio de Oriente de Madrid. Por último, indicar que la dolomía de Boñar también es del Cretáceo Superior. Esta variedad rocosa de colores crema, que se explota bastante artesanalmente en bancos de pequeña potencia (0,3 a 3 m), aparece en algunos monumentos de León, tal es el caso de la catedral, San Isidro o el parador de San Marcos, o diversos puntos del Camino de Santiago.

Otro Sistema importante en cuanto a las rocas de construcción es el Mioceno, de donde se extrae la «Caliza del Páramo» (Fig. 3), caracterizada por las variaciones de potencia, cambios laterales de facies (sobre todo en los bordes de la cuenca), a veces fracturación y en muchos casos presencia de impurezas. Ejemplo de esta variedad es la «Piedra de Campaspero», empleada en la catedral y numerosos monumentos de Valladolid, o las calizas de Palacios del Alcor, así como Sasamón y Citores del Páramo (Burgos) o la de pequeñas canteras que aparecen en los cerros testigos de Páramo Llano y Páramo de la Autilla, en las cercanías de la ciudad de Palencia y de donde suponemos se ha sacado piedra para dicha ciudad.

Uno de los problemas de las rocas carbonatadas es el de su disolución, en presencia de  $\text{CO}_2$ . Los contenidos de este gas en las aguas de lluvia se ha visto incrementado por el desarrollo del nivel de bienestar. Asimismo, aguas con ácido sulfúrico (formado a partir del  $\text{SO}_2$  procedente principalmente de las calefacciones) atacan la piedra incrementando los procesos de disolución y dando origen a la formación de «costras negras». Las presiones de cristalización de sales, así como de hidratación-deshidratación, la pérdida de cemento calcáreo bajo las costras (por disolución) con la consiguiente arenización y la caída de las mismas por choque térmico, han traído consigo, en los últimos tiempos, un incremento en cuanto a la destrucción de la roca.

A veces las sales las lleva la propia roca de origen. A continuación se da el análisis que proporciona el

I.G.M.E. (1974) para la «Piedra de Boñar».

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$
6,1-12,0	0,8-3	0,6-1,3	28-37,1	14,6-16,6
$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$	$\text{SO}_4$	
0,13	0,2	44,4	menos de 0,2	

Se comprueba la existencia de un contenido salino en cantera que supera el 0,5%, a lo que se añadiría la presencia de magnesio, con lo que se po-

drían explicar las eflorescencias presentes en algunos muros de la catedral de León.

Otro peligro se debe al hinchamiento de arcillas por hidratación, en la roca anterior se tiene hasta un 3% de alúmina. Otra roca con problemas similares sería la calcoarenita de Novelda, del Mioceno marino de Alicante, usada ampliamente en numerosas construcciones de Salamanca.

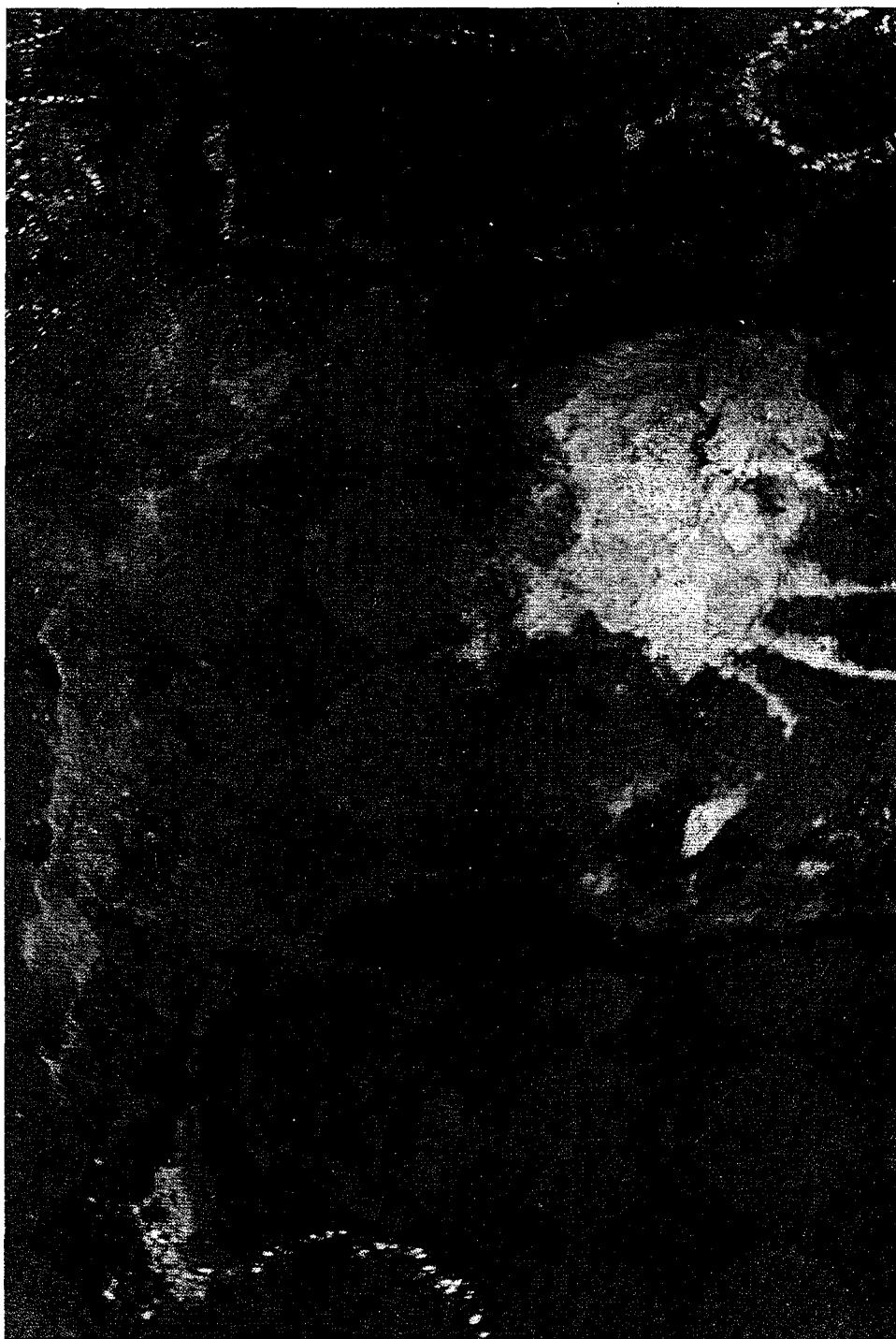


Fig. 4. Arenización bajo «costra negra», en las areniscas de la iglesia románica de Santo Domingo (Soria)

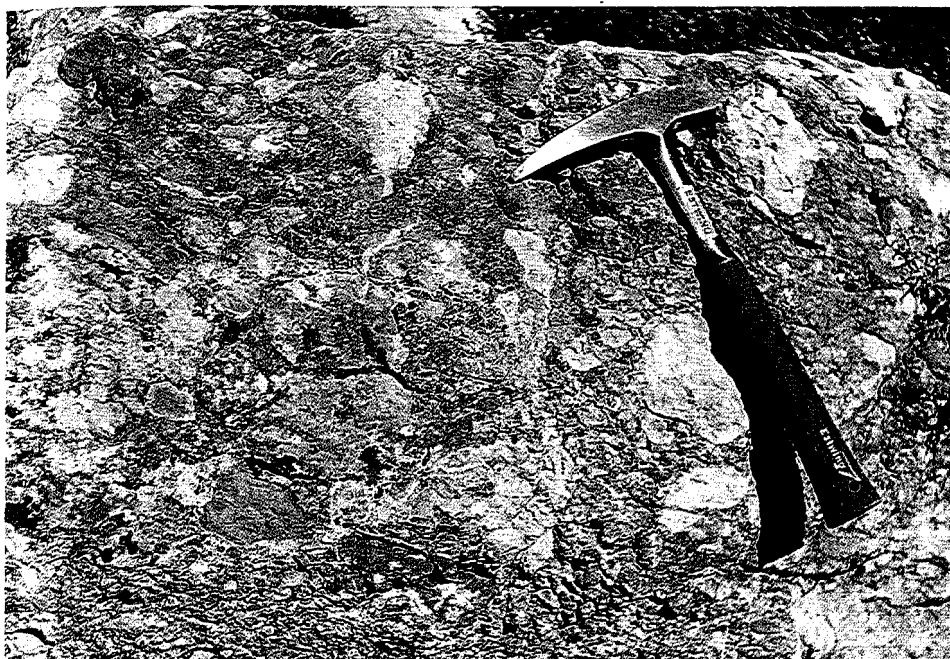


Fig. 5 . Afloramiento de conglomerados calcáreos de El Espejón (Soria), de las «Facies Garum»

El agua juega un importante papel en los procesos descritos, es fundamental que tengamos poca porosidad capilar en las rocas utilizadas. Según el I.G.M.E. el coeficiente de absorción de las calizas de Citores del Páramo es de 1,34%, alcanzando valores superiores en la «Piedra de Campaspero», de 3,5 y 3,8%, según indica ALONSO, J. en su tesis doctoral.

#### 4. ARENISCAS

En Castilla y León, al igual que en otras partes, también se han empleado las areniscas en la construcción y ornamentación.

Con carácter local se explotaron, al Norte de la provincia de León, areniscas prehercínicas, cámbricas, de

# AUDI

MARCA INTERNACIONAL

08912 BADALONA (BARCELONA) ESPAÑA



FABRICANTE

# AUDI®

MAQUINARIA - ABRASIVOS - DIAMANTE

PONIENTE. 139 - ISAAC PERAL, 50 - TEL. 93/387 5112 - 58 - TELEX: 80941 AUDIB-E - TELEFAX: 93/383 05 08

## MAQUINAS PARA ELABORACION DE

GRANITO - MARMOL - PIEDRA ARTIFICIAL Y TERRAZO

CORTADORAS DE PUENTE - FRESADORAS DE CANTOS

PULIDORAS DE BRAZO ARTICULADO

CONSTRUCCION Y OBRAS PUBLICAS

ABRASIVOS EN GENERAL

DISCOS, CORONAS, FRESAS, FRANKFURTS, DE DIAMANTE

SOLICITE INFORMACION SIN COMPROMISO



PERFILAR ES MUY FACIL CON:



PUEDE TRABAJAR CON  
COPIADOR OPCIONAL

color pardo, en Reguero y Barrios de Luna; del Devoniano, en la zona de Pola de Gordón y San Martín de los Herreros; así como carboníferas, también de color pardo, en Puente de Almubey.

En el Trias cabría destacar las areniscas rojizas (con óxidos de hierro), a veces blancas, del Bundsandstein. Se presentan en diversos puntos del Norte de Palencia, tal es el caso de las tableadas de Quintana Luengo, empleadas para losas no pulidas de as-

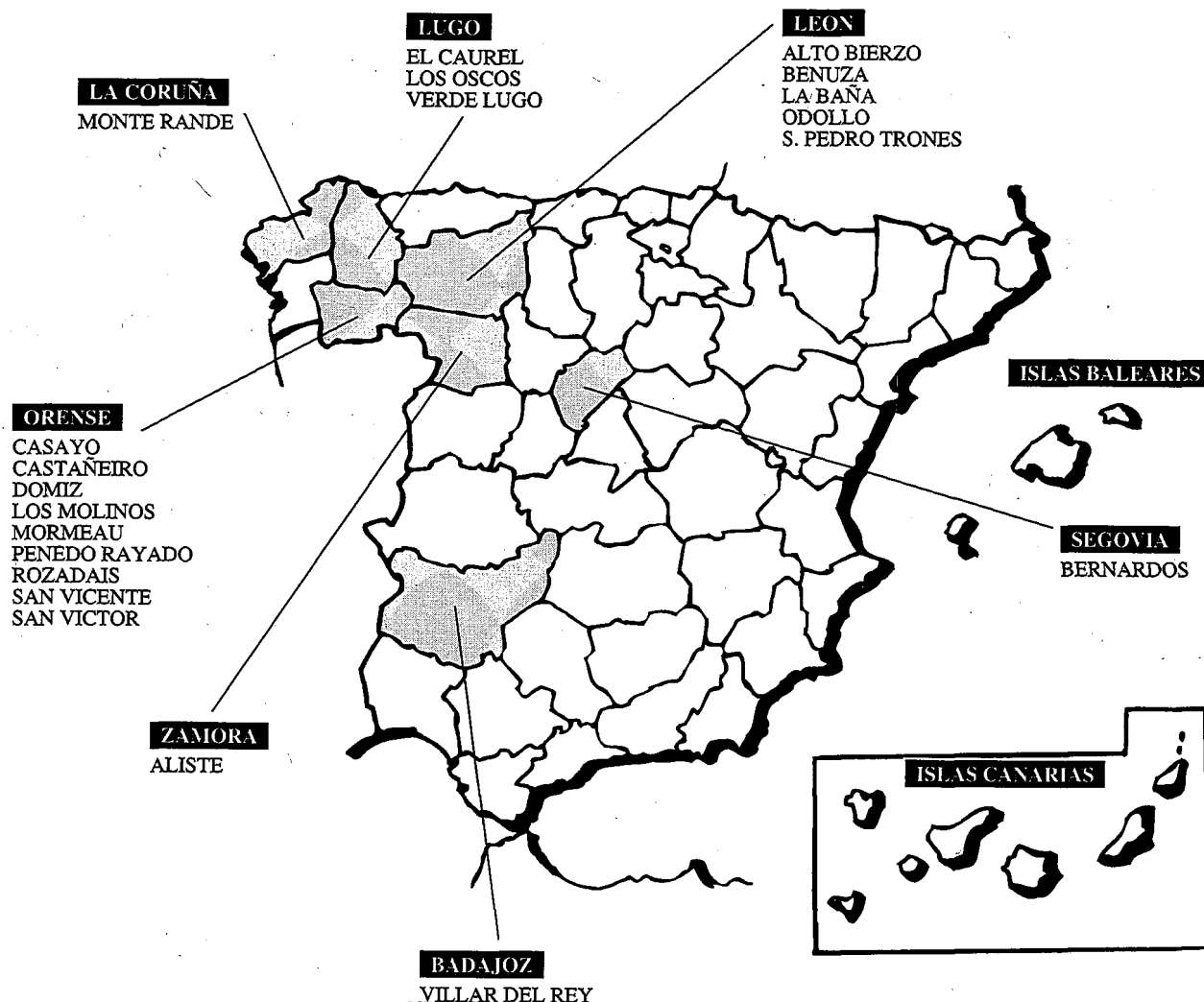
pecto tosco. Otros ejemplos serían la «Piedra Brañosa» (Burgos) o las empleadas en el conjunto monumental y en la zona de Medinaceli (Soria).

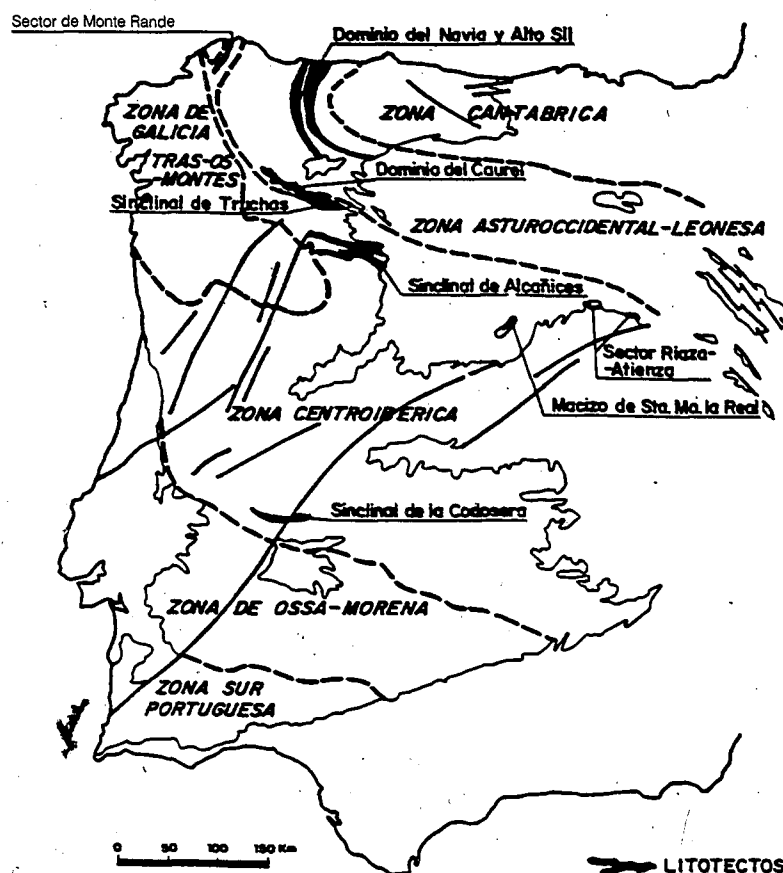
Son importantes las areniscas Jurásicas, sobre todo las de las facies continentales de la provincia de Soria. A continuación se relacionan diversas localidades donde se explotaron areniscas de este Sistema: Campolara (Burgos), Fuentes de Magaña, La Poveda de Soria, Vinuesa, Navaleno,

Covaleda, Quintanar de la Sierra (Soria) y otros.

En la provincia de Soria hay una cierta tradición de cantería. Los artesanos aprovechan las diaclasas para sacar bloques y sólo trabajan las variedades locales denominadas «Ojo de Sapo» y «Oja de Perdiz». Hay que reseñar a las localidades de la Aldehuela de Periañez, Covaleda, Duruelo, Golmayo, Narros, Quintanar de la Sierra, El Royo, Soria y Vinuesa. En la actualidad hay explotaciones activas en alguno de estos pueblos, como

## PIZARRAS. LOCALIZACION GEOGRAFICA





			ZONA ASTUROCCIDENT.-LEON			ZONA CENTROIBERICA					
			Dominio del Navia y alto Sil	Dominio del manto de Mondoñedo	Dominio del Caurel	Dominio de truchas					
						Sinclinal de Truchas	Sector Plaza Atienza	Sector de Monte Rande	Sinclinal de Alcanices	Macizo de Sta. María la Real	
DEVONICO									Fm Rodadas 4 ○		Ud. Gevora *
SILURICO											
ORDOVICICO	ASHGILIENSE		Fm. Pizarras de Luarca *	Fm. Pizarras de Luarca *	Fm. Cosado + Fm Rozadas ***	Fm Rodadas 4 ○	*		Fm Villafior ○		
	CARADOCIENSE										
	LLANDEILOIENSE										
	LLANVIRRIENSE				Fm. Pizarras de Luarca ***						
	ARENIGIENSE										
TREMADOCIENSE		PRE-ARENIGIEN								*	
CAMBRICO											

- \*\*\* Más de 10 explotaciones activas  
 \*\* De 3 a 6 explotaciones activas  
 \* 3 o menos explotaciones activas  
 ○ Explotaciones inactivas, indicios importantes

Nomenclatura de las unidades litoestratigráficas  
 BARROIS 1982, PEREZ ESTAUN 1975,  
 GONZALEZ LODEIRO 1980, BARROS 1989,  
 Y VACAS et al 1987

### LITOTECTOS DE PIZARRAS

## ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE EXPLOTACIONES DE PIZARRA, SEGUN LOMBARDEO

### CAMBRIANO

-Formación Candana, en el Dominio del Alto de Mondoñedo (1).

### PRE-ARENIG

-Macizo de Santa María la Real de Nieva (1).

### ORDOVICIANO

#### Llanvirn.

-Formación Pizarras de Lueca, en el Sinclinal de Truchas (3).

#### Llanvirn-Llandeilo

-Formación Pizarras de Lueca, en el Dominio de Navia y Alto Sil (1) y en el Dominio del Caurel (2).

-Formación Villafior, en el sinclinal de Alcañices (0)

#### Llanvirn a Ashgill

-Sector de Monte Rande (1).

#### Ashgill

-Formaciones Casaño y Rozadaís, en el sinclinal de Truchas (3) y Formación Rodada, en el sector de Atienza-Riaza, del Dominio de Truchas (0).

### SILURIANO-DEVONIANO

-Formación Manzanal, en el Sinclinal de Alcañices (0).

### DEVONIANO

-Unidad Guevara, en el Sinclinal de la Codosera (1).

Las nomenclaturas empleadas para denominar a las distintas unidades litoestratigráficas corresponden a: BARROIS (1882), PEREZ ESTAUN (1975), GONZALEZ LODEIRO (1980) y VACAS y al. (1987).

Nota: (3) Más de 10 explotaciones activas.

(2) De tres a 10 explotaciones activas.

(1) Tres o menos explotaciones activas.

(0) Explotaciones inactivas, indicios importantes.

es el caso de la Aldehuela de Periañez o Covalada, también hay canteras en Salduero y San Leonardo, recordando que parte de la producción se emplea en restauración.

En el Cretáceo Inferior se explotaron areniscas en Pomar de Valdivia (Palencia).

Del Eoceno-Oligoceno son las areniscas silíceas, de origen continental, de Villamayor, empleadas en la mayoría de los monumentos de Salamanca (catedral, Casa de las Conchas, Plaza Mayor, etc.) y en algunos de Zamora. Se explotan familiarmente bancos de pequeña potencia (unos

3 m), con variaciones bruscas de calidades, por debajo del nivel freático. Tienen minerales ferruginosos que al pasar a ambiente oxidante (en su contacto con la atmósfera) se alteran y dan ese tono dorado característico de los monumentos salamantinos. Asimismo son eocenas las areniscas que se extrajeron, en tiempos pasados, en Fuentesauco, Fuentelapeña, Arguillo, San Miguel de la Rivera, Aldearubia, Viloruela, etc. También se explotaron areniscas oligocenas en Aliud y Almazul (Soria).

En el Mioceno se tienen las areniscas vindovonienses, en la cuesta de la

«Caliza del Páramo», habiéndose explotado sólo con carácter muy local, tal es el caso de Castrejón en la provincia de Salamanca.

Las areniscas se alterarán en función de su composición y porosidad (fig. 4), las variedades de cemento carbonatado sufrirán los problemas reseñados en las calizas, las que tengan arcillas notarán los efectos del hinchamiento de dichos filosilicatos y las que lleven sulfuros, como accesorios, mostrarán los problemas típicos de oxidación.

## 5. OTRAS ROCAS DE CONSTRUCCION

La variedad de rocas de construcción empleadas en la Comunidad de Castilla y León es amplísima, y sólo citaremos algunas a modo de ejemplo.

Se han explotado conglomerados carbonatados (tipo pudinga) de diversas edades como son los de las «Facies Garum», del Espejón (Soria), antiguamente mal denominados «Jaspes del Espejón» por su color rojo vinoso, típico de los sedimentos continentales (fig. 5). Estas rocas ya fueron empleadas por los romanos en Clunia (Burgos), apareciendo asimismo en la catedral de Burgo de Osma (Soria) y en el Palacio de Oriente de Madrid. Otras variedades de esta familia serían las brechas ferruginosas, que descansan discordantes sobre el Paleozoico y aparecen bajo el Mioceño, de la zona del Negredo-Madriguera (Segovia) y que son empleadas en los marcos de puertas y ventanas, esquinazos y otras partes nobles de las construcciones locales. Asimismo, se han utilizado conglomerados eocenos para mampostería, pavimentos y tapias en la zona de Carpio Bernardo (Salamanca).

En el Paleozoico, también se han empleado ocasionalmente cuarcitas antehercínicas (del Macizo Hespérico) y neises, generalmente en mampostería.

## 6. PIZARRAS

Por último, se reseñan las pizarras empleadas generalmente para techar, aunque también se han usado en mampostería. Hoy en día también hay una tendencia a colocar planchones en rústica en paredes y suelos, a veces combinando diversos colores. Su explotación es antigua, recordando que Felipe II ordenó sacar pizarras preordovícicas de Bernardos (filitas con cloritoide), en Segovia, para cubrir el Monasterio del Escorial. Hoy en día la producción es importante, destacando, junto a la población antes indicada, las zonas de Alto Bierzo, Benuza, La Baña, Odollo y San Pedro de Trones, en León, así como la localidad zamorana de Aliste, tal y como podemos observar en el mapa adjunto confeccionado por el I.G.M.E.

Las pizarras utilizadas habitualmente son metalutitas compuestas por filosilicatos (40-55% de illita y sericita, así como 15-27% de clorita) y cuarzo (22-25%), pudiendo contener otros minerales tales como plagioclasas, calcita, sulfuros, materia carbonosa, ilmenita, rutilo, circón, etc. (en proporción menor al 5%). Los sulfuros de hierro no son deseados por su alteración, dejando manchas y huecos, aunque en algunos casos, como es el de Bernardos, esta anomalía genera un valor estético. La presencia de carbonatos suele dar un tono verdoso, ya que desarrollan líquenes con más facilidad, pero se alteran más rápido.

El tamaño de grano de la pizarra para cubiertas es muy fino, está por debajo de las 75 micras. Esta propiedad junto con la textura están muy relacionadas con la capacidad de exfoliación de dichas rocas.

Existen algunas canteras en el Cámbrico. En la zona de Fuenterroble de Salvatierra, Cabezuela de Salvatierra, Campillo de Salvatierra y otras localidades próximas (Salamanca), estas explotaciones fueron abandonadas en los años sesenta. La pizarra es arcillosa, compacta y con muchas impurezas (piritas en los planos de esquistosidad, etc.), presentando mala exfoliación con lo que no es válida



Fig. 6. Extracción de sales solubles en areniscas de la iglesia románica de Santo Domingo (Soria), obsérvese la pátina ocre que se muestra bajo los capiteles

para techar. La extracción era manual, con picos y palancas, empleando el producto en cercados y mampuestos. También hay que mencionar la localidad de Pedrosillo de los Acres (Salamanca), donde la pizarra adquiere usos similares que en el caso anterior.

La mayor parte de las pizarras de techar se encuentran en la formación geológica denominada «Pizarras de Luarca» y otras formaciones del Ordoviciano Medio y Superior, así como del Siluriano Inferior («Formación Casaio», «Formación Rozadais», «Formación Villaflores», «Formación Agüeira», etc.). Se destacan como zonas de explotación en estos Sistemas: el Dominio del Alto Sil, el Dominio de Caurel, el Sinclinal de Truchas y el Sinclinal de Alcañices, así como la zona de Riaza (los pueblos negros, construidos con mampuestos esquistosos, de la Sierra de Ayllón, en Segovia). Esto puede apreciarse en el mapa adjunto de Lombardero, M. (1991).

## 7. LIMPIEZA

Antes de iniciar una limpieza en piedra hay que distinguir si estamos ante un muro (u otro elemento) con valor histórico. En los casos no monu-

mentales la gama de métodos a utilizar, según la naturaleza de la piedra y tipo de suciedad, es muy amplia: mecánicos tradicionales (buril y cepillo, martillina, pulidora, etc.), chorro de arena (húmeda o seca), chorro de aire, agua o vapor, proyección de polvo abrasivo (en húmedo o en seco), disolventes orgánicos (hidrocarburos aromáticos, aguarrás, derivados clorados, acetona, tolueno, mezclas tales como benceno, con amoníaco y metanol, etc.), innumerables disolventes inorgánicos, detergentes (aniónicos o catiónicos) y otros productos. Si se trata de monumentos es conveniente seguir las recomendaciones de la Carta Restauro de 1972, donde se preconizan, en los casos monumentales, métodos de limpieza suaves que permitan respetar las superficies externas de la piedra, así como las posibles pátinas y policromías: «... Se puede eliminar la materia acumulada sobre la piedra («detritus», polvo, hollín, excrementos de palomas, etc.) usando solamente cepillos vegetales o chorros de aire a presión moderada. Deberán evitarse los cepillos metálicos, rasquetas y en general deberá excluirse todo chorro a elevada presión, ya sea de arena natural, de agua o vapor, desaconsejándose el lavado de cualquier tipo».

En general, el proceso de limpieza o cualquier tratamiento a efectuar res-



ponde a las características y peculiaridades de cada zona del monumento. Por tanto, pese a las normas generales descritas con anterioridad, es imposible establecer una metodología única y precisa para todo el conjunto, comprobándose a nivel bibliográfico una persistencia de las labores artesanales, cuando la delicadeza del tema así lo requiere. Por todo eso, deberíamos añadir la recomendación que en las actuaciones emprendidas intervengan responsablemente profesionales de la restauración, versados tanto en los aspectos técnicos como en los artesanales del oficio y preocupados a su vez por la conservación del Patrimonio Histórico.

Pese a que no existe una regla fija de actuación cabría resaltar tres cuestiones fundamentales:

a) Valor histórico y artístico de cada zona de la obra.—

La metodología de limpieza deberá ser más cuidadosa cuanto más elevado sea el valor histórico-artístico de la zona a tratar, siendo conscientes que esto incrementa generalmente los costes de restauración.

b) Tipo de material a tratar y estado en que se encuentra.—

Generalmente, el tipo y grado de alteración depende de las características del material a tratar, por lo cual es fundamental conocer las distintas litologías presentes. También se tendrán que tener en cuenta las variaciones respecto al deterioro dentro de cada variedad, tratamientos, etc.

c) Ubicación de los materiales dentro del edificio.—

Este parámetro, en algunos casos, puede ser determinante. Por ejemplo en el zócalo, con más humedades, podemos tener una suciedad difícil de eliminar, al contrario de lo que podría ocurrir en zonas superiores, lo que nos podría llevar a actuar de forma distinta en cada parte, para así tratar de mantener un equilibrio estético.

En definitiva, la primera norma es el conocimiento del tipo de suciedad, material constructivo y, cuando sea posible, tipos de tratamiento que ha recibido la piedra a lo largo de la historia. Luego hay que consolidar (según los conocimientos anteriores), de forma que se logre la estabilidad perti-

nente de la capa superficial. Y, por último, se limpia de acuerdo con los criterios establecidos por los organismos internacionales, así como con conocimiento del comportamiento del método aplicado a cada caso específico.

En general, el proceso de limpieza o cualquier tratamiento a efectuar responde a las características y peculiaridades de cada zona del monumento. Por tanto, pese a las normas marco descritas con anterioridad, en la mayor parte de los casos es imposible establecer una metodología única y precisa para todo el conjunto monumental. Asimismo se comprueba, a nivel bibliográfico, una persistencia de las labores artesanales, cuando la delicadeza del tema así lo requiere. Por todo eso, se debería añadir la recomendación que en las actuaciones emprendidas intervengan responsablemente profesionales de la restauración, versados tanto en los aspectos técnicos como en los artesanales del oficio y preocupados a su vez por la conservación del Patrimonio Histórico.

Autores experimentados en Castilla y León, como es el caso de CABRERA, J.M. (1991), indican la existencia de patinas (recubrimientos externos de la piedra principalmente con fines estéticos y de protección) y policromías en los principales monumentos de la Comunidad. En algunos casos tenemos un recubrimiento de yeso y ocre (o polvo de ladrillo), por ejemplo: en ciertos portales de la catedral de León, las portadas de San Gregorio y San Pablo de Valladolid o el patio del monasterio de las Dueñas en Medina de Campo. En otros casos, se aprecia como sobre las rocas carbonatadas de San Martín de Fromista o la Torre de Reloj de la catedral de León se presenta una capa muy fina de sulfato y encima otra traslúcida, con abundantes lípidos, interpretándose como un tratamiento a base de alumbre y a una posterior y rápida aplicación de aceite o grasas, de ahí la estructura en capas. Por último, reseñar también la presencia de numerosas policromías, tal es el caso de diversos pórticos de la catedral de León, puerta Norte de la catedral de Avila, portada del Obispo de la catedral de Palencia, portadas de Santa María de Aranda de Duero (Burgos), etc.

En algunos casos se puede observar como se han arrancado sin contemplaciones alguna de estas «epidermis» rocosas, perdiéndose así el testimonio histórico que representan. Por ello se incide y remacha la importancia del tema, para que sea tenida en cuenta por los arquitectos responsables de cada obra.

Respecto a los granitos es frecuente ver en ellos eflorescencias salinas, debido a su empleo en partes bajas de edificios (de acuerdo a mecanismos de ascensión capilar a través de microfisuras), en el caso de los monumentos se recomienda su disolución y limpieza con absorbentes (papel japonés, attapulgita, arcillas especiales, etc) (fig. 6).

Hay que evitar la limpieza de estas rocas con ácidos o bases fuertes (clorhídrico, fluorhídrico, sosa cáustica, potasa, etc.), pese a estar precedida de lavado. Es frecuente ver oxidaciones o patinas ferruginosas, causadas por la alteración de sulfuros y minerales ferromagnesianos, y que se dejan ver con posterioridad a la limpieza con los productos reseñados. Según algunos autores se recomienda el uso de productos a base fluoruro ácido de amonio sobre piedra caliza, siendo desaconsejado para areniscas. Es frecuente ver limpiezas por métodos mecánicos de abrasión. Su principal problema radica en que si no hay un control granulométrico (el tamaño del abrasivo debe ser igual al tamaño de grano de la roca) se puede incrementar notablemente la superficie específica de la roca, potenciándose su deterioro. Otro efecto nocivo de alguno de estos métodos es la microfRACTURACIÓN generada por impacto o percusión.

En rocas porosas hay que evitar los métodos de limpieza que produzcan una humidificación excesiva, ya que podemos introducir agua a través de los poros, arrastrando sales, ácidos y otros agentes químicos, incrementando los procesos de deterioro.

Por último indicar que las manchas de óxidos metálicos sobre la roca suelen tratarse sin muchos problemas. Por ejemplo, las patinas ferrosas se atacan con citrato sódico o amónico, tartrato sódico-potásico, oxalatos y formiatos.